

Hermina Krach, Aleksander Korzeniowski, Mieczysław Matejak

Wypełniacze z żywicy epoksydowej do ubytków drewna kościoła zabytkowego w Dębnie Podhalańskim

Ochrona Zabytków 15/2 (57), 40-47

1962

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

HERMINA KRACH, ALEKSANDER KORZENIOWSKI,
MIECZYSLAW MATEJAK

WYPEŁNIACZE Z ŻYWICY EPOKSYDOWEJ DO UBYTKÓW DREWNA KOŚCIOŁA ZABYTKOWEGO W DĘBNIE PODHALAŃSKIM

WSTĘP

Przeprowadzając badania stanu technicznego kościoła w Dębnie, stwierdzono¹, że niektóre belki budowli są zniszczone działaniem grzybów, owadów, procesów starzenia się drewna i wykazują ubytki tkanki drzewnej. W celu zabezpieczenia belek konieczne jest uzupełnienie ubytków drewna odpowiednimi wypełniaczami, które można przygotować na żywicach syntetycznych. Wypełniacze do ubytków drewna zabytkowego powinny odznaczać się następującymi własnościami: wysoką przyczepnością do drewna, dużą wytrzymałością mechaniczną, elastycznością, odpornością na zmiany klimatyczne i małym skurczem w procesie utwardzania. Wypełniacze o takich własnościach można otrzymać stosując żywicę syntetyczną, która po utwardzeniu daje produkt o wymienionych własnościach. Taką żywicą wydaje się być żywica epoksydowa, którą też wybrano do badań.

Żywica epoksydowa należy do żywic syntetycznych, powstałych na drodze polikondensacji pochodnych fenolowych, zawierających przynajmniej po dwie grupy wodorotlenowe w cząsteczce, z epichlorohydryną lub chlorowcohydryną w środowisku alkalicznym. Z fenoli naj-

częściej jest stosowany 4,4-dwuhydroksydwufenylopropan, zwany dianem. W pierwszej fazie kondensacji powstają produkty w postaci ciekłej lub łatwo topliwej żywicy podstawowej, która następnie przekształca się w procesie utwardzania w nierozpuszczalne, nietopliwe wielkocząsteczkowe tworzywo. Utwardzanie może przebiegać w normalnej lub podwyższonej temperaturze pod wpływem związków zdolnych do polireakcji z końcowymi grupami epoksydowymi żywicy. Dzięki dużej reaktywności grupy epoksydowej, jako utwardzacze można stosować różnorodne i łatwo dostępne produkty organiczne, posiadające grupy aminowe, karboksylowe, wodorotlenowe itp. Proces utwardzania żywicy epoksydowej różni się zasadniczo od procesu utwardzania innych żywic. Utwardzacze biorą tu udział w reakcji chemicznej z żywicą, wbudowując się w cząsteczki końcowego produktu. Takie zachowanie się utwardzacza wpływa na własności fizyko-chemiczne żywic epoksydowych, które zależą tym samym od rodzaju zastosowanego utwardzacza. Proces utwardzania przebiega bez wydzielania małowcząsteczkowych produktów ubocznych, więc nie wymaga stosowania zwiększonego ciśnienia. Utwardzaniu towarzyszy bardzo mały skurcz, dzięki czemu utwardzona żywica odwzorowuje dokładnie

¹ Prof. F. Krzysik, Dokumentacja w archiwum Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków w Krakowie.

kształt i wymiary formy oraz nie posiada naprężeń wewnętrznych. Utwardzone tworzywo epoksydowe jest bardzo dobrym dielektrykiem, posiada wysoką oporność, bardzo małą stratność dielektryczną, dużą wytrzymałość na przebicie. Odnacza się ponadto dużą wytrzymałością mechaniczną i wysoką odpornością na działanie czynników chemicznych. Specyficzną cechą żywic epoksydowych jest ich duża adhezja do wielu materiałów, a szczególnie do materiałów porowatych, takich jak drewno.

Żywice epoksydowe produkcji polskiej noszą nazwę „Epidian“, oznaczone są numerami I, II, III itd. Rodzaj utwardzacza jest zastrzeżo-

ny przez zakład przemysłowy jest to prawdopodobnie trójetylenoczteteroamina. Do badań nad wypełniaczami użyto żywicy oznaczonej „Epidian IV“ i utwardzacz Z-1, dostosowany do utwardzania żywicy w temperaturze pokojowej. Żywicę „Epidian IV“ zakupiono w Zakładach Chemicznych w Sarzynie.

Badania nad wypełniaczami z żywicy epoksydowej podzielono na 3 etapy: badania żywicy epoksydowej pod kątem przydatności jej do wypełniaczy; badania nad wpływem różnych dodatków do wypełniaczy ubytków w drewnie; badania fizycznych i mechanicznych właściwości wypełniacza.

BADANIA ŻYWICY EPOKSYDOWEJ POD KĄTEM PRZYDATNOŚCI JEJ DO WYPEŁNIACZY

W badaniach tych uwzględniono następujące oznaczenia: zawartość suchej substancji w żywicy; jej lepkość; ciężar właściwy, czas żelowania; wykładnik wodorowy; liczbę zmydlenia. Oznaczenia właściwości żywicy przeprowadzono niżej podanymi metodami:

1. Oznaczenie zawartości suchej substancji w żywicy epoksydowej przeprowadzono następująco — ok. 1 g żywicy suszy się w suszarce w temp. 160°C do momentu osiągnięcia stałej wagi. Suchą substancję określa się z wzoru:

$$X = \frac{a - b}{c} \cdot 100 \%$$

gdzie

- X — zawartość suchej substancji,
- a — ciężar parowniczkii z pozostałą suchą substancją,
- b) — ciężar pustej parowniczkii,
- c — ciężar suchej żywicy.

2. Oznaczenie lepkości żywicy przeprowadzono w aparacie Englera w temp. 100°C. W oznaczeniu mierzono czas wypływu 200 ml żywicy w sekundach. Lepkość wyliczano ze stosunku czasu wypływu żywicy do czasu wypływu tej samej ilości wody w temp. 20°C. Oznaczoną lepkość w stopniach Englera przeliczano na centipoise według wzoru:

$$\eta = E \cdot 7,6 \left(1 - \frac{1}{E^3} \right) \cdot \frac{d}{100} \text{ centipoise}$$

gdzie

- η — centipoise,
- E — stopnie Englera,
- d — gęstość.

3. Czas żelowania oznaczono w następujący sposób: do 5 g żywicy dodawano 0,5 g utwardzacza Z-1 i po dokładnym wymieszaniu określano czas, w jakim żywica przeszła ze stanu ciekłego w stan twardego żelu.

4. Ciężar właściwy oznaczono za pomocą piknometru w temp. 20°C.

5. Wykładnik wodorowy pH żywicy określało papierkiem indykatorowym z dokładnością 0,1 pH.

6. Liczbę zmydlenia oznaczano następująco: 1,5—2 g żywicy ogrzewano z 25 ml 0,5n roztworu alkoholowego wodorotlenku potasu pod chłodnicą powietrzną na łaźni wodnej. Analogiczną ilość roztworu alkoholowego wodorotlenku potasu ogrzewano w tych samych warunkach jako próbę ślepą. Po 30 min. ogrzewania, kolbki z zawartością oziębiano i miareczkowano 0,5n kwasem solnym wobec błękitu alkalicznego, odmiareczkując nadmiar niezużytego ługu. Liczbę zmydlenia wyliczano z wzoru:

$$L_z = \frac{(a - b) \cdot 28}{c}$$

gdzie

- L_z — liczba zmydlenia,

- a — ilość ml roztworu alkoholowego wodorotlenku potasu, zużyta w ślepej próbie podczas miareczkowania,
 b — ilość ml alkoholowego roztworu wodorotlenku potasu, zużyta przy odmiareczkowaniu niez użyt ego wodorotlenku potasu,

c — ilość gramów żywicy użytej do oznaczenia.

Wszystkie oznaczenia wykonano na dwóch różnych partiach żywicy, otrzymanej z zakładów przemysłowych w Sarzynie. Wyniki badań żywicy epoksydowej zestawiono w tabeli 1.

Badania żywicy epoksydowej

Tabela 1.

Nr	Rodzaj oznaczenia	Jednostki	1 partia żywicy	2 partia żywicy
1	zawartość suchej substancji	%	52,26	54,20
2	lepkość	cP	47,88	52,98
3	ciężar właściwy	G/ml	1,188	1,191
4	czas żelowania żywicy z utwardzaczem	godz.	19—22	18—20
5	pH żywicy	—	6,5	6,2
6	pH żywicy + utwardzacz	—	7,5	7,5
7	liczba zmydlenia	mgr KOH	21	19

BADANIA WPŁYWU RÓŻNYCH DODATKÓW NA JAKOŚĆ WYPEŁNIACZY DO UBYTKÓW W DREWNI

Badania wpływu dodatków do żywicy epoksydowej podzielono na badania wstępne i właściwe. Badania wstępne przeprowadzono w następujący sposób: przygotowywano próbki wypełniacza z niewielką ilością żywicy (5 g) i dobierano różne składniki, przy czym obserwowano konsystencję wyrabianych wypełniaczy, łatwość łączenia się z żywicą i innymi składnikami, łatwość rozsmarowywania wypełniacza na powierzchni drewna i w otworach w drewnie, przyczepność do drewna, żywotność wypełniacza czyli czas, w którym można jeszcze rozsmarowywać wypełniacz na powierzchni drewna. W określaniu własności kierowano się założeniami, że wypełniacz do ubytków drewna zabytkowego powinien: dobrze się rozsmarowywać na drewnie, silnie przylegać do drewna, odznaczać się odpowiednią, dogodną w pracy żywotnością i czasem utwardzania, toksycznością na grzyby i owady. W celu spełnienia ostatniego

postulatu wzięto również pod uwagę środki toksyczne na grzyby i owady.

Wstępne próby pozwoliły na wytypowanie takich składników, które można użyć do przygotowania wypełniaczy właściwych. W próbach właściwych przygotowywano wypełniacze z 15 g żywicy, przy czym obserwowano własności wypełniaczy takie, jak ich smarowność, plastyczność, przyczepność do drewna, żywotność, czas utwardzania. W ten sposób przygotowano 16 próbek wypełniaczy. Z właściwych prób wytypowano do badań mechanicznych tylko 4, o różnym składzie, ponieważ tylko ich własności odpowiadały wymaganiom jakie założono. Wytypowane wypełniacze przygotowywano do badań mechanicznych z 200 g żywicy epoksydowej. Żywicę rozpuszczano w 50 g ksylenu w celu obniżenia jej lepkości. Skład wytypowanych wypełniaczy zestawiono w tabeli 2, przy czym ilość-

Skład wytypowanych wypełniaczy

Tabela 2.

Nr	Symb. wypełn.	Składniki wypełniacza	Ilości poszczególnych składników w g
1	I	żywica epoksydowa	100
		ksylen	25
		ftalan dwubutylu	75
		utwardzacz Z-1	12,5
		pył z drewna bukowego	113
		tlenek wapnia (chemicznie czysty)	94
2	II	żywica epoksydowa	100
		ksylen	25
		ftalan dwubutylu	75
		utwardzacz Z-1	12,5
		boraks	12,5
		węglan wapnia (kreda)	113
		pył z drewna bukowego	94
3	III	żywica epoksydowa	100
		ksylen	25
		ftalan dwubutylu	75
		utwardzacz Z-1	12,5
		fenol krystaliczny rozpuszczony w 3 g ksyleniu	9
		talk techniczny	56
		węglan wapnia techniczny	57
pył z drewna bukowego	94		
4	IV	żywica epoksydowa	100
		ksylen	25
		ftalan dwubutylu	25
		utwardzacz Z-1	12,5
		siarka krystaliczna w postaci pyłu	12,5
		talk techniczny	56
		węglan wapnia techniczny	57
		pył z drewna bukowego	94

ci poszczególnych składników przeliczono dla uproszczenia na 100 g żywicy.

Wypełniacze przygotowuje się w następujący sposób: żywicę epoksydową najpierw rozpuszcza się w ksylenie w temperaturze ok. 50°C na łaźni wodnej i dokładnie miesza; następnie dodaje ftalanu dwubutylu i dokładnie miesza; dodaje utwardzacza i całą mieszaninę dokładnie miesza; dodaje się w małych porcjach środka toksycznego, a następnie małymi porcjami tlenku wapnia czy też węglanu wapnia i talku oraz pyłu drewna bukowego. Całość dobrze i dokładnie miesza się. Należy przy tym chronić zetknięcia rąk robotnika przygotowującego wypełniacz z utwardzaczem, ponieważ związki aminowe zawarte w utwardzaczach działają szkodliwie na skórę.

Do badań właściwości mechanicznych przygotowano każdą próbę w ilości ok. 850 g, z czego w specjalnej formie formowano „placcek” grubości 10 mm, szerokości 250 mm i długości 250 mm. Część wypełniacza nakładano na sklejkę sosnową o wymiarach 250×250 mm w ilości ok. 1 cm grubości warstwy, oraz na 2 płytki ze sklejki bukowej o wymiarach 150×80×6 mm. Należy zaznaczyć, że poszczególne próby wypełniaczy można by przygotować z mniejszą ilością żywicy, jednak wymagana jakość próbek do badań mechanicznych nie pozwalała na takie ich przygotowanie. Ilość wypełniacza potrzebna do wypełnienia 1 dm³ ubytku w drewnie wyniesie w całości 1150 g wypełniacza, w tym 395 g żywicy epoksydowej.

Wnioski: 1. własności żywicy epoksydowej zebrane w tabeli 1. wskazują na stosunkowo małe różnice we własnościach dwóch partii zakupionych żywic. Niemniej jednak każda partia żywicy powinna być przed użyciem badana, zwłaszcza zbadana jej lepkość. 2. Przygotowanie wypełniacza wymaga zastosowania pewnych

środków ostrożności, ponieważ utwardzacz stosowany do żywic epoksydowych działa szkodliwie na skórę ludzką, wywołując schorzenia (egzemy). Robotnicy przygotowujący wypełniacz muszą być zabezpieczeni gumowymi rękawicami.

BADANIA MECHANICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI UTWARDZONYCH WYPEŁNIACZY

Badania mechanicznych właściwości wypełniaczy epoksydowych przeprowadzono w celu określenia ich wytrzymałości i związania z drewnem podłoża oraz odporności na zmiany klimatyczne. Poza właściwościami opisanymi poprzednio, właściwości mechaniczne wpływają bowiem decydująco na możliwość zastosowania wypełniaczy w drewnianych konstrukcjach budowlanych.

Stosownie do przesłanek teoretycznych zbadano następujące właściwości wypełniaczy: wytrzymałość wypełniaczy na ściskanie; wytrzymałość wypełniaczy na zginanie; twardość wypełniaczy; graniczne wydłużenie warstwy wypełniacza naniesionej na sklejkę; odporność warstwy wypełniacza naniesionej na drewno bukowe na działanie zmiennej temperatury i wilgotności powietrza. Wszystkie powyższe oznaczenia przeprowadzono po jednakowym czasie utwardzania wypełniaczy, który wynosił 9 dni. Oznaczenia właściwości mechanicznych wykonano na maszynie wytrzymałościowej typu 4 DBZF firmy A. J. Amsler, stosując zakres obciążeń 0... 400 kG.

Materiał doświadczalny stanowiły cztery rodzaje wypełniacza epoksydowego, oznaczone symbolami I, II, III i IV. W ramach każdego rodzaju wypełniacza do badań użyto:

- a) — jedną płytkę litego wypełniacza o wymiarach około $250 \times 250 \times 10$ mm;
- b) — jedną płytkę ze sklejki sosnowej o wymiarach około 250×250 mm i grubości nominalnej 6 mm, na którą została jednostronnie naniesiona warstwa wypełniacza o grubości około 1 mm;
- c) — trzy płytki z drewna bukowego o wymiarach ok $150 \times 80 \times 6$ mm, na które została naniesiona jednostronnie warstwa wypełniacza o grubości około 1 mm.

Wilgotność sklejki sosnowej i drewna bukowego wynosiła $7 \pm 0,5\%$ w stosunku do ciężaru absolutnie suchego materiału.

Z materiału wymienionego w punkcie a) wycięto próbki do oznaczenia wytrzymałości na zginanie. Oznaczenie to wykonano zgodnie z normą PN—55/D—04103, z tą różnicą, że wymiary próbek wynosiły $250 \times 40 \times 10$ mm a rozpiętość zginanej próbki była równa 180 mm. Odstępstwa od normy wynikły z właściwości i wymiarów materiału przeznaczonego do wykonania próbek. Wyniki oznaczeń wytrzymałości na zginanie podano w tabeli 3.

Po wykonaniu oznaczenia wytrzymałości na zginanie ze złamanych próbek wycięto próbki do oznaczenia wytrzymałości na ściskanie. Oznaczenie to przeprowadzono według normy PN—58/D—04102. Wynikie z właściwości i wymiarów materiału odstępstwa od normy były następujące: wymiary próbek wynosiły $30 \times 20 \times 10$ mm, zakres obciążeń wynosił 0... 400 kG. Wyniki tych oznaczeń podano w tabeli 3.

Na pozostałych częściach próbek, użytych poprzednio do oznaczenia wytrzymałości na zginanie, oznaczono twardość metodą Brinella, stosując tłocznik z kulką o średnicy $D = 10$ mm, wyposażony w głębokościomierz wcisku. Na tłocznik działano siłą $P = 50 \text{ kG} \pm 2 \text{ kG}$. Przy tej wartości siły głębokość wcisku h , mierzona z dokładnością 0,01 mm po 30 sekundach trwania niezmiennego obciążenia, wynosiła $1 \pm 0,5$ mm. Obciążanie odbywało się z prędkością $100 \pm 20 \text{ kG/min}$. Liczbę twardości H_B określa no wzorem:

$$H_B = \frac{P}{\pi D h} \text{ kG/mm}^2.$$

Wyniki oznaczenia twardości podano w tabeli 3.

Srednia wartość mechanicznych właściwości wypełniaczy epoksydowych

Tabela 3

Symbol wypełniacza	Wytrzymałość na ściskanie kG cm ²	Wytrzymałość na zginanie kG/cm ²	Twardość wg Brinella kG mm ²	Wydłużenie graniczne przy zginaniu %	Grubość warstwy wypełniacza mm
1	2	3	4	5	6
I	135 ± 53	38	1,41 ± 0,23	1,88 ± 0,32	1,03 ± 0,13
II	147 ± 12	56	1,55 ± 0,18	2,00 ± 0,83	1,16 ± 0,24
III	166 ± 11	50	1,46 ± 0,10	1,37 ± 0,27	1,00 ± 0,13
IV	125 ± 13	39	1,69 ± 0,16	1,82 ± 0,78	1,43 ± 0,23
Liczba oznaczeń dla I wypełniacza	10	4	10	5	50

Z materiału wymienionego w punkcie b) wycięto próbki o szerokości 40 mm, na których oznaczono graniczne (niszczące) wydłużenie przy zginaniu. W braku odpowiedniej normy krajowej metodykę tego oznaczenia oparto na amerykańskiej normie ASTM D1300—53T, określającej warunki przeprowadzenia próby granicznego wydłużenia przy zginaniu dla materiałów malarsko-lakierniczych. Prędkość obciążania wynosiła 100 ± 20 kG/min., rozpiętość zginanej próbki 2s = 200 mm, a dokładność pomiaru ugięcia b była równa 0,5 mm. Grubość próbek d pomierzono z dokładnością 0,1 mm w pięciu punktach na rozpiętości próbki. Uzyskaną z tych pomiarów wartość średnią przyjęto do obliczenia wydłużenia granicznego. Dodatkowo pomierzono grubość c naniesionej warstwy wypełniacza w pięciu punktach wzdłuż rozpiętości próbki na obu jej bocznych powierzchniach. Z tak uzyskanych dziesięciu pomiarów o dokładności 0,01 mm obliczono wartość średnią, którą przyjęto za przeciętną grubość warstwy wypełniacza.

Graniczne wydłużenie warstwy wypełniacza W obliczono wzorem:

$$W = \frac{d}{r} \cdot 100 \%,$$

w którym promień ugięcia: $r = \frac{s^2 + b^2}{2b} - d$ (oznaczenia jak poprzednio w tekście).

Średnie wartości wydłużenia granicznego W i grubości warstwy wypełniacza c podano w tabeli 3.

Oznaczenie odporności na działanie zmiennej temperatury i wilgotności powietrza przeprowadzono na materiale wymienionym w punkcie c); próbki pomieszczono na okres 24 godzin w zamrażarce, w której panowała temperatura $-15^\circ \pm 0,5^\circ\text{C}$ a wilgotność powietrza była bliska 100%. Następnie przeniesiono próbki na dalsze 24 godziny do cieplarki, w której panowała temperatura $50^\circ \pm 0,5^\circ\text{C}$ a względna wilgotność powietrza wynosiła około 20%. To dwie fazy doświadczenia stanowiły w sumie jeden cykl działania zmiennych warunków otoczenia, oddających z pewnym przybliżeniem skrajne warunki atmosferyczne klimatu Polski.

Próbki poddano kolejnemu działaniu pięciu takich cykli, po czym przy użyciu lupy o 5-krotnym powiększeniu sprawdzono stan warstwy wypełniacza, zwracając szczególną uwagę na jej ewentualne pęknięcia oraz na jej związanie z podłożem. Stwierdzono, że warstwa wypełniacza wszystkich próbek wytrzymała zmienne warunki otoczenia bez żadnych objawów wskazujących na niszczące działanie zmian temperatury i wilgotności powietrza, chociaż drewno podłoża w niektórych próbkach wykazało drobne pęknięcia, dowodzące znacznych naprężeń w podłożu. Zaobserwowano również silne deformacje (spaczenia) drewna, powodujące uwypuklenie warstwy wypełniacza i jej rozciąganie (wydłużenie) na deseczkach.

Analizując wyniki przeprowadzonych badań stwierdzono, że wytrzymałość na ściskanie niewiele się różni dla poszczególnych rodzajów wy-

pełniacza, przy czym jej wartość liczbowa wynosi około 1/3 przeciętnej wartości dla drewna iglastego przy ścisaniu wzdłuż włókien. Rozrzut wytrzymałości na ścisanie w ramach jednego rodzaju wypełniacza jest nieznaczny, z wyjątkiem wypełniacza oznaczonego symbolem I. Natomiast wytrzymałość na zginanie jest bardzo mała i nie przekracza 1/10 wytrzymałości drewna iglastego. Ponieważ ze względu na brak odpowiedniej ilości materiału liczba oznaczeń wytrzymałości na zginanie była niewielka dane te mają charakter orientacyjny.

Twardość różni się jedynie nieznacznie dla poszczególnych rodzajów wypełniaczy a rozrzut liczb twardości jest niewielki, zwłaszcza w przypadku wypełniacza oznaczonego symbolem III. Liczbowa wartość twardości odpowiada w przybliżeniu 1/3 twardości poprzecznego przekroju drewna iglastego i mniej więcej 3/4 twardości podłużnych przekrojów tegoż drewna.

Wydłużenie graniczne okazało się w przybliżeniu równe 1,9%, z wyjątkiem wypełniacza oznaczonego symbolem III, dla którego wydłużenie to wyniosło około 1,4%. Liczby te trzeba jednak uznać za mniejsze od rzeczywistych, gdyż prawie z reguły pęknięcie warstwy wypełniacza następowało jednocześnie ze złamaniem próbki (sklejki), tak, że otrzymane liczbowe wartości wydłużenia granicznego mogły w znacznym stopniu zależeć od granicznego wydłużenia sklejki sosnowej. Za takim postawieniem sprawy przemawia także fakt, że w trakcie próby wytrzymałości na zginanie stwierdzono bardzo znaczne wartości ugięcia w momencie poprzedzającym pęknięcie próbki. W żadnej z próbek nie stwierdzono po zniszczeniu odstania warstwy wypełniacza od podłoża (od sklejki), co dowodzi znacznej przyczepności wszystkich rodzajów wypełniacza do drewna sosnowego.

Podczas badania twardości zauważono, że wciski wywołane przez tłocznik prawie całkowicie zanikają w ciągu kilku minut po odciążeniu materiału, tj. następuje bardzo znaczna redeformacja wcisku. Oznacza to, że utwardzony wypełniacz ma znaczną sprężystość, zbliżoną prawie do sprężystości bardzo twardej gumy. Jedynie w wypełniaczu, oznaczonym symbolem IV redeformacja ta nie miała miejsca: wypełniacz ten należy więc uważać za plastyczny w stanie utwardzonym.

Obserwacje skutków działania zmiennej temperatury i wilgotności powietrza wykazały odporność wypełniaczy na jednoczesne działanie temperatury w przedziale $-15 \dots +50^{\circ}\text{C}$ oraz wilgotności powietrza w przedziale około 20 ... 100%. Również w tym badaniu stwierdzono znaczną odkształcalność wypełniaczy oraz ich dobrą przyczepność do drewna bukowego.

W wyniku przeprowadzonych prób mechanicznych właściwości wypełniaczy można wyciągnąć następujące wnioski:

1) Przy temperaturze otoczenia równej 20°C w ciągu 9 dni następuje utwardzenie wypełniaczy i osiągnięcie wytrzymałości na ścisanie w stopniu wystarczającym dla przejmowania dość znacznych obciążeń zewnętrznymi siłami ściskającymi, bez obawy uszkodzenia mechanicznego. Natomiast wszystkie zbadane wypełniacze są wrażliwe na obciążenia zginające.

2) Odkształcenia wypełniaczy I, II i III wynikiem wskutek krótkotrwałego lokalnego nacisku mają charakter prawie całkowicie sprężysty i prawie zupełnie zanikają w ciągu kilku minut po ustaniu nacisku; natomiast wypełniacz IV jest plastyczny a jego odkształcenia mają charakter trwały.

3) Warstwa wypełniacza o grubości około 1 mm może przejmować odkształcenia drewnianego podłoża bez obawy mechanicznego uszkodzenia (pęknięcia) lub oderwania od podłoża.

4) W warunkach klimatycznych Polski zbadane wypełniacze mogą być stosowane w konstrukcjach drewnianych stykających się z powietrzem atmosferycznym.

WNIOSKI OGÓLNE

Biorąc pod uwagę wyniki badań żywicy epoksydowej, przygotowanie wypełniaczy i wyniki badań mechanicznych właściwości wypeł-

niaczy można wysnuć następujące wnioski ogólne:

1) każdy z przebadanych wypełniaczy może

być użyty do wypełniania ubytków w drewnie zabytkowym,

2) *z punktu widzenia wytrzymałości mechanicznej najlepsze z wytypowanych wypełniaczy są wypełniacze oznaczone symbolami II i III,*

3) *z punktu widzenia łatwości przygotowania i toksyczności najbardziej godny uwagi jest wypełniacz III.*

doc. dr Hermina Krach
dr inż. Aleksander Korzeniowski
mgr inż. Mieczysław Matejak
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Warszawa

ЗАПОЛНИТЕЛИ ИЗ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ К УБЫЛИ ДРЕВЕСИНЫ В СТАРИННОМ КОСТЁЛЕ В ДЕМБНЕ (у подножия Татр)

Исследовано свойства эпоксидной смолы польской продукции с точки зрения её полезности к заполнителям убыли в древесине. Приготовлено заполнители из этой смолы с добавочными заполняющими субстанциями, укрепляющими заполнители таким образом, что становятся они стойкими против пагубного влияния грибов и насекомых, разрушающих древесину. Избранные заполнители с соответствующими свойствами поддано механическо-

му исследованию, причём отмечено сопротивляемость против сжатия и изгибания, твёрдость, предел сопротивления (в пределе разрушения), а именно против удлинения во время изгибания а также сопротивляемость против влияния непостоянных температур и влажности воздуха. Результаты исследований указывают, что заполнители к убыли древесины приготовленные из эпоксидной смолы отличаются замечательными свойствами.

FILLERS MADE OF EPOXY RESIN FOR THE WOOD DEFECTS IN THE MONUMENT-CHURCH AT DĘBNO IN PODHALE

The studies on the characteristics of the epoxy resin, made in Poland, were carried out from the point of view of its fitness to the fillers of the wood defects. Other substances were added to the resin to fill, plastisize the fillers and immunize them from the mushrooms and insects. The fillers of proper characteristics were examined from the mechanical point

of view to establish their compressive and beuding strength, their hardness and limit extension at the beuding and resistance of changeable temperature and air damp. The results of the above research permitted to point out very good characteristics of the epoxy resin fillers for the wood defects.